

## Adubo fosfatado revestido com polímero e calagem na produção e parâmetros morfológicos de milho<sup>1</sup>

### Polymer-coated phosphate fertilizer and liming on the production and morphological parameters of corn

Cícero Célio de Figueiredo<sup>2\*</sup>, Diogo Vieira Barbosa<sup>3</sup>, Sebastião Alberto de Oliveira<sup>2</sup>, Marcelo Fagioli<sup>2</sup> e Juliana Hiromi Sato<sup>4</sup>

**RESUMO** - A baixa disponibilidade de fósforo em solos ácidos, como os do Cerrado, exige um manejo eficiente da adubação fosfatada. O uso de tecnologias que aumentem a eficiência de uso do fósforo é uma alternativa que pode ser adotada, desde que se considere a realidade dos solos brasileiros. Este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar o efeito da aplicação de adubo fosfatado revestido com polímero, associada à calagem, na produção e parâmetros morfológicos da cultura do milho. O estudo foi conduzido em campo, em Latossolo Vermelho-Amarelo. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, arranjos em esquema fatorial 2 x 4, com três repetições. Os tratamentos resultaram da combinação de duas fontes de fósforo (MAP convencional e MAP revestido com polímero - Kimcoat®) com quatro níveis de saturação por bases (27; 40; 50 e 60%). As fontes de fósforo apresentaram diferenças dependentes dos níveis de saturação por bases. O MAP revestido com polímero promoveu melhor desempenho do milho, quanto à produtividade, produção de matéria seca total e altura de planta, em relação ao MAP convencional. As maiores diferenças foram verificadas nas saturações por bases de 40 e 50%, nas quais o MAP revestido promoveu o incremento na produtividade de grãos de 3,40 e 3,48 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente, em relação ao MAP convencional.

**Palavras-chave:** Fósforo revestido. Adubação. Plantas-efeito do fósforo.

**ABSTRACT** - The low availability of phosphorus in acid soils, such as those of the Cerrado, requires the efficient management of phosphorus fertilization. The use of technologies that increase the efficiency of phosphorus use is an alternative that can be adopted, provided the reality of Brazilian soils is taken into consideration. This work was carried out to evaluate the effect of polymer-coated phosphate fertilizer associated with liming on the production and morphological parameters of corn crops. The study was conducted in the field, in a red-yellow latosol. The experimental design was of randomized blocks arranged in a 2 x 4 factorial, with three replications. The treatments resulted from a combination of two sources of phosphorus (conventional MAP and polymer-coated MAP - Kimcoat®) at four levels of saturation (27%, 40%, 50% and 60%). The sources of phosphorus displayed differences dependent on the base levels of saturation. The polymer-coated MAP improved the performance of corn, for productivity, total dry-matter yield and plant height, in relation to conventional MAP. The major differences were observed at base saturation levels of 40% and 50%, in which the coated MAP promoted an increase in grain yield of 3.40 and 3.48 t ha<sup>-1</sup>, respectively, compared to conventional MAP.

**Key words:** Coated phosphorus. Fertilization. Plants-phosphorus effect.

\*Autor para correspondência

<sup>1</sup>Recebido para publicação em 01/03/2011; aprovado em 06/02/2012

Pesquisa realizada com recursos do DPP/UnB

<sup>2</sup>Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária/Universidade de Brasília, Brasília-DF, Brasil, [cicerocf@unb.br](mailto:cicerocf@unb.br), [oliveira@unb.br](mailto:oliveira@unb.br), [mfagioli@unb.br](mailto:mfagioli@unb.br)

<sup>3</sup>Graduando do Curso de Agronomia da UnB, Brasília-DF, Brasil, [diogo\\_eng.agro@hotmail.com](mailto:diogo_eng.agro@hotmail.com)

<sup>4</sup>Programa de Pós-Graduação em Agronomia/UnB, Brasília-DF, Brasil, [jh.sato@yahoo.com.br](mailto:jh.sato@yahoo.com.br)

## INTRODUÇÃO

O grão mais produzido no mundo na safra 2009/2010 foi o milho, cuja produção esteve em torno de 812,4 milhões de toneladas (UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE, 2010). No Brasil, a estimativa da área total plantada com milho na safra 2010/11 foi de, aproximadamente, 12,6 milhões de hectares, produzindo nessa área cerca de 52,7 milhões de toneladas (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO, 2010). Essas produções são obtidas com a utilização de grandes quantidades de adubos. O fósforo (P), devido à sua complexa dinâmica em solos ácidos e intemperizados, apresenta baixa eficiência de utilização, tornando necessário aplicar elevadas quantidades de fertilizante fosfatado para atender às demandas das culturas.

A eficiência da adubação não depende apenas das doses ou quantidades a serem aplicadas. Outros fatores devem ser do conhecimento do técnico e/ou agricultor, para que conduzam a um melhor uso dos adubos (BARRETO; FERNANDES, 2002; LACERDA *et al.*, 2006). Em solos com acidez elevada e baixa disponibilidade de P, a aplicação de calcário e de fertilizantes fosfatados é fundamental para a obtenção de altas produtividades (ERNANI *et al.*, 2001). De acordo com estes autores, a disponibilidade de P a partir da aplicação de fosfatos solúveis depende da reação que controla o suprimento do nutriente à solução do solo (adsorção química ou precipitação), do pH ao redor do grânulo do fertilizante e do tipo de precipitado de P que predomina. Silva *et al.* (2007) encontraram interações significativas entre dose de P aplicada e saturação por bases do solo na produção de matéria seca da parte aérea de mudas de eucalipto. Isto demonstra a relação entre pH e disponibilidade de P no solo. Camargo *et al.* (2010) destacam que pode haver indisponibilidade de P em pH maior que sete, devido ao excesso de cálcio oriundo do calcário.

Essa possível indisponibilidade de fósforo em condições de pH elevado pode alterar a eficiência dos fertilizantes fosfatados recobertos por polímeros e de liberação controlada. Os fertilizantes de liberação controlada são aqueles que atrasam a disponibilidade inicial dos nutrientes por meio de diferentes mecanismos, com a finalidade de disponibilizá-los para as culturas por maior período de tempo e otimizar a absorção pelas plantas, reduzindo perdas (ZAVASCHI, 2010). Diversos tipos de coberturas de grânulos de adubos têm sido testados, com resultados variados (BANSIWAL *et al.*, 2006; ZHANG *et al.*, 2006). Além da variação na composição dos polímeros de cobertura de grânulos, diversos fatores interferem na expressão do máximo potencial desses fertilizantes de liberação lenta. Dentre esses fatores está a acidez que deve ser bem monitorada, pois interfere na disponibilidade de fósforo às plantas.

A “fixação” do fósforo se dá pela ligação formada com a argila e/ou a precipitação do mesmo junto ao ferro

(Fe) e alumínio (Al). A liberação gradual promovida pelo revestimento do nutriente faz com que o contato deste com os óxidos de Fe e Al e a argila seja reduzido, não havendo assim a formação de compostos estáveis o que diminuiria a disponibilidade no solo (AGOSTINHO *et al.*, 2010).

Não obstante o seu elevado custo, os adubos de liberação lenta apresentam maior eficiência que os convencionais e têm sido utilizados em diferentes culturas (JAGADEESWARAN *et al.*, 2005; MORAES NETO *et al.*, 2003; SERRANO *et al.*, 2006; VALDERRAMA *et al.*, 2010).

O uso de fósforo polimerizado vem sendo apresentado como uma nova opção na redução da adsorção do P pelos colóides do solo. Porém, por se tratar de um produto em início de pesquisas, pouco se sabe sobre seu comportamento em solos ácidos.

Objetivou-se com este trabalho avaliar o efeito da aplicação de adubo fosfatado revestido com polímero, associada à calagem, na produção e parâmetros morfológicos de milho.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido durante a safra 2009/2010 no Instituto Federal de Brasília, localizado em Planaltina, DF (15°38'54"S, 47°41'50"W e altitude de 1.014 m, Datum Córrego Alegre). Segundo classificação de Köppen, o clima da região corresponde ao tipo Aw (tropical chuvoso), com ocorrência de invernos secos e verões chuvosos. Uma característica marcante do clima local e do Cerrado, de maneira geral, é um período sem chuvas, dentro da estação chuvosa, conhecido como veranico.

O experimento foi instalado em Latossolo Vermelho-Amarelo (LVA) de textura argilosa. Anteriormente à montagem do experimento a área foi ocupada por pastagem em avançado estágio de degradação.

Antes da instalação do experimento foi realizada amostragem, com a utilização de dez subamostras, na camada de 0 a 20 cm, para análise de caracterização do solo. Os resultados das análises foram: pH (CaCl<sub>2</sub>) = 5,4; P (mg dm<sup>-3</sup>) = 0,2; K<sup>+</sup> (mg dm<sup>-3</sup>) = 31,28; Ca<sup>2+</sup> (mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) = 8,0; Mg<sup>2+</sup> (mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) = 7,0; H + Al<sup>3+</sup> (mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) = 43,0; Al<sup>3+</sup> (mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) = 13,0; V = 27%; argila = 400 g kg<sup>-1</sup>; areia = 425 g kg<sup>-1</sup>; silte = 175 g kg<sup>-1</sup>.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, no esquema fatorial 2 x 4, com três repetições e totalizando 24 parcelas. Foram testadas duas fontes de fósforo e quatro níveis de saturação por bases. Cada parcela foi constituída de 14,4 m<sup>2</sup> (4 linhas da cultura

espaçadas em 0,9 m). A área útil das parcelas correspondeu às duas linhas centrais, descartando-se as bordaduras.

Os tratamentos consistiram na aplicação de duas fontes de fósforo: fosfato monoamônico (MAP) convencional (10-60-0) e fosfato monoamônico revestido com polímero (Kimcoat®) (10-49-0). Além da variação das fontes de fósforo, foram avaliados diferentes níveis de saturação por bases (27; 40; 50 e 60%), obtidos após a aplicação de 0,00 Mg ha<sup>-1</sup>, 0,81 Mg ha<sup>-1</sup>, 1,44 Mg ha<sup>-1</sup> e 2,06 Mg ha<sup>-1</sup> de calcário tipo *filler*, respectivamente. O calcário utilizado apresentou as seguintes características: PRNT: 94,5%; CaO = 32%; MgO = 15%. A testemunha consistiu da dose zero de calcário (V = 27%). Utilizou-se o valor da saturação por bases de 50% como referência para a cultura do milho cultivado no Cerrado (SOUSA; LOBATO, 2004).

Antes da instalação do experimento foi realizada uma operação de gradagem, com grade aradora. Em 16 de dezembro de 2009, foi realizado o destorroamento da área por meio de grade niveladora, visando facilitar a semeadura. Para contenção da rebrota do capim na área e controle de plantas indesejáveis, foi realizada a aplicação de um herbicida de contato (Gramoxone) na dose de 2,0 L ha<sup>-1</sup>.

O calcário foi distribuído manualmente a lanço trinta dias antes da semeadura, com leve incorporação ao solo. A adubação seguiu as recomendações indicadas para a cultura do milho produzido na região do Cerrado, para uma expectativa de produtividade de grãos de 8 t ha<sup>-1</sup> (SOUSA; LOBATO, 2004). Na adubação de base foi aplicada a dose de 30 kg ha<sup>-1</sup> de N fornecida pelos adubos fosfatados (MAP convencional e revestido) e complementada com pequenas quantidades de uréia, para garantir a aplicação das mesmas quantidades de N na semeadura. Foram aplicados 145 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, como fosfato monoamônico (MAP) convencional (10-60-0) e fosfato monoamônico revestido com polímero (Kimcoat®) (10-49-0) e 80 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O (Cloreto de Potássio – 60% K<sub>2</sub>O). Os adubos foram aplicados manualmente somente na linha de semeadura, abaixo e ao lado da semente.

A semeadura foi em janeiro de 2010, utilizando sementes do híbrido BR2020 no espaçamento de 0,90 m entre linhas, para a obtenção de uma população de 78.000 plantas por hectare.

Na adubação de cobertura foram aplicados 70 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio (uréia 45% N), quando as plantas apresentavam 7 a 8 folhas. Foram aplicados ainda 30 kg ha<sup>-1</sup> de potássio (cloreto de potássio – 60% K<sub>2</sub>O), juntamente com a cobertura nitrogenada.

Com o objetivo de conferir os valores reais de saturação por bases após a aplicação das doses de calcário, por ocasião da floração do milho, foi realizada uma nova

coleta de solo para a determinação da saturação por bases. Foram obtidos os seguintes resultados (média de três repetições) do valor V em %: 26,7; 36,8; 46,7 e 55 para as doses aplicadas de zero, 0,81 Mg ha<sup>-1</sup>, 1,44 Mg ha<sup>-1</sup> e 2,06 Mg ha<sup>-1</sup> de calcário, respectivamente.

Em março de 2010 foram realizadas as seguintes determinações: altura de plantas de milho e de inserção da primeira espiga (por meio de trena de escala graduada); massa da matéria seca total da parte aérea da planta de milho (após seca em estufa a 60 °C); diâmetro de espiga e do sabugo (com auxílio de paquímetro digital); massa de cem grãos, obtida a partir da separação manual de quatro amostras de cem grãos; produtividade de grãos, em t ha<sup>-1</sup>, a partir da debulha e pesagem dos grãos oriundos de todas as espigas colhidas em 3 metros lineares de cada linha localizada na área útil da parcela, totalizando 6 metros lineares por parcela.

Os dados foram submetidos a análise de variância (ANOVA) e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância. Os efeitos da saturação por bases foram avaliados por meio de análise de regressão, adotando-se como critério para escolha do modelo a maior magnitude dos coeficientes de regressão significativos a 5% de probabilidade pelo teste F. As análises foram realizadas utilizando-se o programa ASSISTAT 7.5.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

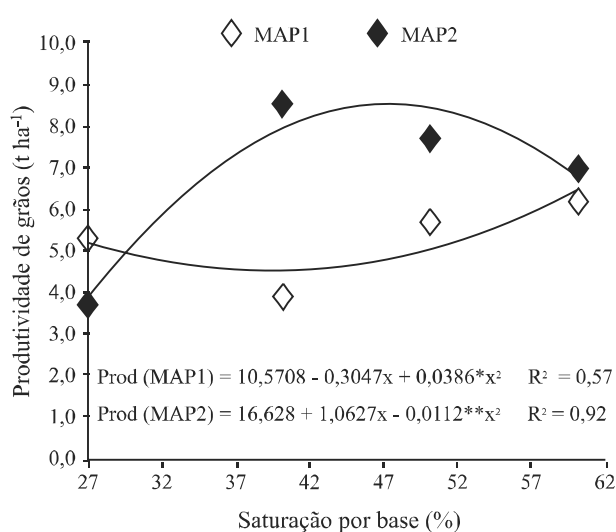
Na Tabela 1 são apresentados os valores de F da análise de variância para fonte de fósforo e saturação por bases e a interação fósforo x saturação por bases. Houve efeito significativo da fonte de fósforo nos parâmetros produtividade (Prod.), massa da matéria seca total (MST), altura de inserção da primeira espiga (AIE), diâmetro do sabugo, altura de planta (AP) e massa de 100 grãos (MCG). O efeito do nível de saturação por bases ocorreu apenas para os parâmetros produtividade e MST. A interação fósforo x saturação por bases foi significativa para produtividade, MST e AP.

As diferentes fontes de fósforo proporcionaram produtividades do milho distintas conforme níveis de saturação por bases (Figura 1). O MAP revestido com polímero (MAP2) promoveu maiores produtividades de grãos de milho com a elevação da saturação por bases. As maiores diferenças foram verificadas nos níveis de 40 e 50%, nos quais o MAP2 promoveu o incremento de 3,40 e 3,48 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente, em relação ao MAP convencional (MAP1). O melhor desempenho do adubo revestido ocorreu na saturação por bases de 50% (1,44 Mg ha<sup>-1</sup> de calcário), recomendada como o nível adequado para a cultura do milho em solos altamente intemperizados como os do Cerrado (SOUSA; LOBATO, 2004). Em condição de baixa saturação de bases, dose zero de

**Tabela 1** - Resumo da análise de variância e níveis de significância para os parâmetros avaliados de acordo com a fonte de variação

F.V. <sup>(1)</sup>	GL	Estatística F						
		Prod. <sup>(4)</sup>	MST <sup>(5)</sup>	AIE <sup>(6)</sup>	DS <sup>(7)</sup>	AP <sup>(8)</sup>	DE <sup>(9)</sup>	MCG <sup>(10)</sup>
P <sup>(2)</sup>	1	62,06**	66,44 **	14,23 **	7,77 *	62,37 **	0,79 ns	7,03 *
V <sup>(3)</sup>	3	25,86**	10,17**	1,16 ns	1,12 ns	2,04 ns	0,66 ns	1,43 ns
P x V	3	43,71**	24,87 **	0,87 ns	2,86 ns	8,43 **	2,06 ns	3,69 *
CV (%)	-	8,03	6,27	12,12	2,12	4,28	3,46	6,86

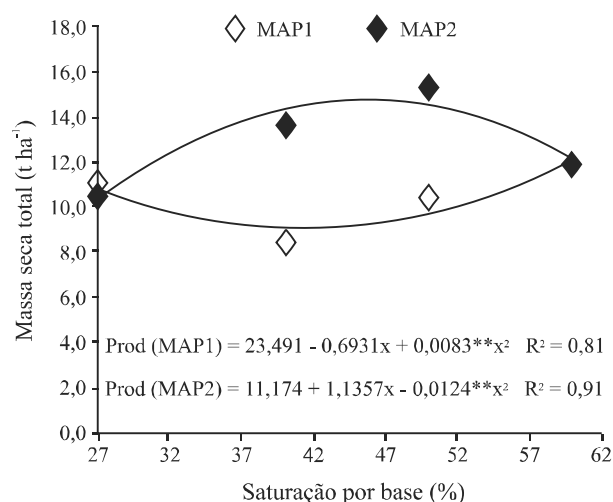
<sup>1</sup>F.V. – Fontes de variação; <sup>2</sup>P – Fósforo; <sup>3</sup>V – Saturação por bases; <sup>4</sup>Prod. – Produtividade de grãos; <sup>5</sup>MST – massa da matéria seca total de milho; <sup>6</sup>AIE – altura de inserção da primeira espiga; <sup>7</sup>DS – diâmetro do sabugo; <sup>8</sup>AP – altura de plantas; <sup>9</sup>DE – diâmetro da espiga; <sup>10</sup>MCG – massa de 100 grãos. \*\*, \* e ns são, respectivamente, significativo a 1%, 5% e não significativo pelo teste F

**Figura 1** - Produtividade de grãos de milho promovida por fontes de fósforo em função da saturação por bases do solo

calcário, o MAP2 apresentou menor desempenho do que o convencional, possivelmente pela interferência de um ou mais componente da acidez do solo na ação do polímero. Em níveis de saturação maiores que 50%, ocorreu uma diminuição da produtividade proporcionada pelo MAP2 e pequeno incremento promovido pelo MAP1. Considerando os níveis de 40 e 50% de valor V, o MAP2 promoveu produtividade de grãos de milho 41% maior que o MAP1. Essa diferença pode ser decorrente da liberação lenta de fósforo absorvível ao longo do ciclo da cultura, promovida pela cobertura do grânulo no MAP2. De acordo com Valderrama *et al.* (2010) a aplicação de fosfato revestido com polímero proporcionou maior produtividade de grãos de milho quando comparado com o fosfato monoamônio convencional. Ainda de acordo com estes autores, o emprego de ambos os fertilizantes proporcionou acréscimos significativos na produtividade do milho. Silva

Junior *et al.* (2008) verificaram que o fertilizante revestido por polímero (Kimcoat-P®) proporcionou maior produtividade de soja (2,3 t ha⁻¹) quando comparado ao superfosfato simples (2,0 t ha⁻¹). Resultados semelhantes também foram obtidos em trabalho realizado por Guareschi (2010), no qual o emprego de fertilizantes revestidos por polímeros conferiu maior produção de massa seca, número de vagens por planta e produtividade de grãos de soja quando comparado aos fertilizantes convencionais.

A produção de massa da matéria seca total (MST) de plantas de milho em resposta às fontes de fósforo e níveis de saturação por bases seguiu o mesmo padrão da produtividade de grãos (Figura 2). As duas fontes de fósforo apresentaram efeito quadrático na MST em função dos diferentes níveis de saturação por bases. O MAP2 promoveu aumento na MST até o nível de 50%,

**Figura 2** - Massa da matéria seca total de plantas de milho promovida por fontes de fósforo em função do nível de saturação por bases do solo

com declínio a partir deste valor. O MAP1 possibilitou menores valores de MST nos níveis de 40 e 50% e valores semelhantes nos extremos (27 e 60% de saturação por bases). Esses resultados demonstram o efeito prejudicial da aplicação de doses excessivas de calcário. No caso do MAP2, o excesso de cálcio em volta do grânulo, com pH mais elevado, pode saturar as cargas negativas do polímero, com possível precipitação de fósforo na forma de fosfato de cálcio. Camargo *et al.* (2010) encontraram maior adsorção de fósforo com a aplicação de doses maiores que duas toneladas de calcário por hectare. Agostinho *et al.* (2010) não encontraram diferenças nas produções de massa da matéria seca da parte aérea de milho entre MAP convencional e revestido por polímero, quando o solo encontrava-se com pH em torno de 4,6. Independente do pH do solo, o adubo revestido com polímero promoveu maior eficiência de utilização do fósforo pela cultura do açafrão, quando comparado com MAP convencional (JAGADEESWARAN *et al.*, 2005). Em solo com saturação por bases de 60%, Valderrama *et al.* (2009) não encontraram diferenças entre superfosfato simples convencional e polimerizado na cultura do feijão. Estes resultados contrastantes reforçam a necessidade de se considerar os valores de pH e saturação por bases nos estudos com fósforo revestido.

Independente do nível de saturação por bases, o adubo fosfatado revestido promoveu produção de MST 19% maior do que o MAP convencional (Tabela 2). Os menores valores obtidos com o MAP convencional podem estar associados à sua menor eficiência, devido ao contato direto desse adubo com os colóides do solo, ocasionando forte adsorção e reduzindo, desta forma, o aproveitamento do nutriente pelas plantas de milho (GOMES *et al.*, 2005). Serrano *et al.* (2006) verificaram melhores resultados promovidos pelo adubo revestido com polímero na produção de porta-enxerto cítrico. Moraes Neto *et al.* (2003) também encontraram melhores características em mudas de diversas espécies florestais com a utilização de adubos de liberação lenta. Resultados semelhantes foram encontrados por Scivittaro *et al.* (2004) na produção porta-enxerto cítrico.

**Tabela 2** - Massa da matéria seca total (MST) de plantas de milho adubadas com diferentes fontes de fósforo, independente da saturação por bases do solo

Fonte de fósforo <sup>1</sup>	MST (t ha <sup>-1</sup> )
MAP1	10,46 B <sup>2</sup>
MAP2	12,90 V

<sup>1</sup>MAP1: MAP convencional; MAP2: MAP revestido; <sup>2</sup>médias seguidas de letras diferentes apresentam diferenças estatísticas pelo teste Tukey a 5% de significância

Na Tabela 3 são apresentados os valores de MST em função da saturação por bases, independente da fonte de fósforo aplicada. Verificou-se que V3, que correspondeu a 50% de saturação de bases, promoveu maior produção de MST, não diferindo do nível V4. Esses resultados demonstraram o efeito positivo da calagem em doses adequadas para a região do Cerrado, o que está de acordo com os resultados encontrados por Vila *et al.* (2010) para MST de milho, cujo melhor resultado foi obtido com valor de saturação por bases de 49%. Entretanto, Ernani *et al.* (2001) demonstraram pouco efeito do pH em água do solo na disponibilidade de fósforo quando aplicada fonte solúvel de fósforo (DAP), em comparação com outras fontes menos solúveis.

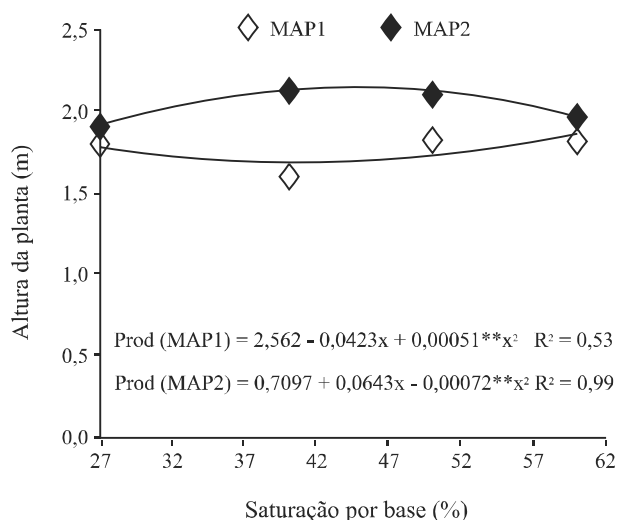
**Tabela 3** - Massa da matéria seca total (MST) de plantas de milho cultivadas sob diferentes níveis de saturação por bases do solo, independente da fonte de adubo

Saturação por bases	MST (t ha <sup>-1</sup> )
V1	10,82 B <sup>2</sup>
V2	11,07 B
V3	12,94 A
V4	11,87 AB

<sup>1</sup>V1; V2; V3 e V4 são saturação por bases de 27%, 40%, 50% e 60%, respectivamente; <sup>2</sup>médias seguidas de letras iguais não apresentam diferenças significativas pelo teste Tukey a 5% de significância

Assim como para produtividade de grãos e produção de matéria seca total de milho, o uso de adubo fosfatado revestido com polímero promoveu maiores valores de altura de plantas (AP), nos níveis de saturação por bases de 40 e 50% (Figura 3). Nos níveis extremos de V (27 e 60%) não foram verificadas diferenças entre as fontes de fósforo. Esses resultados foram semelhantes aos obtidos por Vila *et al.* (2010) que obtiveram os maiores valores de altura de plantas de milho em saturação por bases igual a 51,41%. Além disso, os resultados indicam que o uso de adubos fosfatados revestidos com polímeros promove aumento na altura de plantas de milho, mas esse efeito é dependente da adequada correção de solos ácidos e intemperizados do Cerrado.

A elevação da saturação de bases para altos valores, como 60%, diminui a eficiência do polímero, provavelmente pela saturação dos sítios de troca desses polímeros com cátions como Ca e Mg, facilitando, assim, a precipitação de fósforo solúvel pelo excesso desses cátions no solo.

**Figura 3** - Altura de plantas de milho promovida por fontes de fósforo em função do nível de saturação por bases do solo

Independente do valor V do solo, o MAP revestido favoreceu a altura de plantas de milho e de inserção da primeira espiga, apresentando valores superiores ao MAP convencional (Tabela 4). Os melhores resultados encontrados para o MAP polimerizado podem ser atribuídos à maior eficiência da fonte proporcionada pela estrutura dos grânulos dos fertilizantes revestidos por polímeros. Estes, ao absorverem água do solo, solubilizam os nutrientes no interior das cápsulas, liberando-os gradativamente pela estrutura porosa na zona da raiz, atendendo assim às necessidades das plantas (TOMASZEWSKA *et al.*, 2001). ZHANG *et al.* (2006) encontraram melhores resultados para o trigo, quanto à produtividade e altura de plantas, com o uso de adubos revestidos com diferentes polímeros, quando comparado com adubos convencionais.

A altura de inserção da primeira espiga (AIE) só foi influenciada pela fonte de fósforo aplicada (Tabela 4). O MAP revestido (MAP2) proporcionou maior AIE (0,88 m) do que o MAP1 (0,73 m). Não foram verificados efeitos da saturação por bases e das interações fósforo x saturação por bases na AIE. As diferenças entre fontes de fósforo são explicadas pela eficiência de uso do fertilizante.

Não houve efeito significativo de fonte de fósforo e do nível de saturação por bases no diâmetro de espigas de milho (Tabela 1), apesar do reconhecido efeito benéfico do fósforo na formação de frutos e sementes. O diâmetro do sabugo (DS) e a massa de 100 grãos (MCG), entretanto, foram influenciados pela fonte de fósforo utilizada (Tabela 5). O MAP2 proporcionou maior DS do que o MAP1, independentemente do nível de saturação por bases do solo. Para MSG, observaram-se os mesmos resultados.

**Tabela 4** - Altura de plantas (AP) e de inserção da primeira espiga (AIE) de milho adubado com diferentes fontes de fósforo, independente da saturação por bases do solo

Fonte de fósforo <sup>1</sup>	AP (m)	AIE (m)
MAP1	1,77 B <sup>2</sup>	0,73 B <sup>2</sup>
MAP2	2,04 A	0,88 A

<sup>1</sup>MAP1: fosfato monoamônico convencional; MAP2: fosfato monoamônico revestido; <sup>2</sup>médias seguidas da mesma letra na coluna, para cada parâmetro do milho, não apresentam diferenças estatísticas pelo teste Tukey a 5% de significância

**Tabela 5** - Diâmetro do sabugo e massa de 100 grãos de milho adubado com diferentes fontes de fósforo, independente da saturação por bases do solo

Fonte de fósforo <sup>(1)</sup>	Diâmetro do	Massa de 100
	sabugo (mm)	grãos (g)
MAP1	26,69 B <sup>2</sup>	26,57 B
MAP2	27,34 A	28,62 A

<sup>1</sup>MAP1: fosfato monoamônico convencional; MAP2: fosfato monoamônico revestido; <sup>2</sup>médias seguidas da mesma letra na coluna, para parâmetro do milho, não apresentam diferenças estatísticas pelo teste Tukey a 5% de significância

## CONCLUSÕES

1. O MAP revestido com polímero promoveu melhor desempenho do milho, quanto à produtividade, produção de massa da matéria seca total e altura de planta, em relação ao MAP convencional, nos níveis de saturação por bases de 40 e 50%;
2. De modo geral, os efeitos positivos proporcionados pelo uso de cobertura de grânulos de MAP com polímeros são dependentes do nível de saturação por bases do solo.

## REFERÊNCIAS

- AGOSTINHO, F. B. *et al.* Efeito do uso de MAP revestido com polímeros de liberação gradual em atributos de solo e produtividade de matéria seca no milho. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 28., 2010, Goiânia. **Resumos...** Goiânia: ABMS, 2010. p. 6.
- BANSIWAL, A. K. *et al.* Surfactant-Modified Zeolite as a Slow Release Fertilizer for Phosphorus. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 54, n. 13, p. 4773-4779, 2006.
- BARRETO, A. C.; FERNANDES, M. F. Produtividade e absorção de fósforo por plantas de milho em função de doses e modos de aplicação de adubo fosfatado em solo de tabuleiro costeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, n. 02, p. 151-156, 2002.

- CAMARGO, M. S. *et al.* Fósforo em solos de cerrado submetidos à calagem. **Bioscience Journal**, v. 26, n. 02, p. 187-194, 2010.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira - Grãos: safra 2010/2011**: terceiro levantamento, Dezembro/2010. Brasília: Conab, 2010. 39 p.
- ERNANI, P. R.; STECKLING, C.; BAYER, C. Características químicas de solo e rendimento de massa seca de milho em função do método de aplicação de fosfatos, em dois níveis de acidez. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, n. 02, p. 939-946, 2001.
- GOMES, J. A. *et al.* Adubações orgânica e mineral, produtividade do milho e características físicas e químicas de um Argissolo Vermelho-Amarelo. **Acta Scientiarum. Agronomia**, v. 27, n. 03, p. 521-529, 2005.
- GUARESCHI, R. F. **Emprego de fertilizantes revestidos por polímeros nas culturas da soja e milho**. 2010. 44 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano - Campus Rio Verde, Rio Verde.
- JAGADEESWARAN, R.; MURUGAPPAN, V.; GOVINDASWAMY, M. Effect of Slow Release NPK Fertilizer Sources on the Nutrient use Efficiency in Turmeric (*Curcuma longa* L.). **World Journal of Agricultural Sciences**, v. 01, n. 01, p. 65-69, 2005.
- LACERDA, C. F. *et al.* Interação entre salinidade e fósforo em plantas de sorgo forrageiro. **Revista Ciência Agronômica**, v. 37, n. 02, p. 258-263, 2006.
- MORAES NETO, S. P. *et al.* Produção de mudas de espécies arbóreas nativas com combinações de adubos de liberação controlada e prontamente solúveis. **Revista Árvore**, v. 27, n. 06, p. 779-789, 2003.
- SERRANO, L. A. P. *et al.* Sistema de blocos prensados e doses de adubo de liberação lenta na formação de porta-enxerto cítrico. **Ciência Rural**, v. 36, n. 02, p. 441-447, 2006.
- SCIVITTARO, W. B.; OLIVEIRA, R. P.; RADMANN, E. B. Doses de fertilizante de liberação lenta na formação do porta-enxerto “trifoliata”. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 26, n. 03, p. 520-523, 2004.
- SILVA JUNIOR, H. R.; LIMA, R. E.; PERIN, A. Adubação fosfatada com fertilizantes polimerizados na cultura da soja. In: JORNADA DA PRODUÇÃO CIENTÍFICA DA EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA DA REGIÃO CENTRO-OESTE, 2., 2008, Cuiabá. **Anais...** Cuiabá-MT, 2008. 1 CD-ROM.
- SILVA, C. A.; RANGEL, O. J. P.; BELIZÁRIO, M. H. Interação calagem-adubação fosfatada e sua influência nos níveis críticos de P e crescimento do eucalipto. **Scientia Forestalis**, v. 35, n. 73, p. 63-72, 2007.
- SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. **Cerrado: Correção do solo e adubação**. 2. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. 416 p.
- TOMASZEWSKA, M.; JARPSOEWICZ, A.; KARAKKULSKI, K. Physical and chemical characteristics of polymer coatings in CRF formulation. **Desalination**, v. 146, n. 03, p. 319-323, 2002.
- UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **World Agricultural Supply and Demand Estimates** - Elaboração: Jox. Dezembro, 2010.
- VALDERRAMA, M. *et al.* Doses e fontes de fósforo convencional e polimerizado na cultura do milho. In: FERTBIO. 2010, Guarapari. **Anais...** Guarapari: SBCS, 2010. 1 CD-ROM.
- VALDERRAMA, M. *et al.* Fontes e doses de nitrogênio e fósforo em feijoeiro no sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 39, n. 03, p. 191-196, 2009.
- VILA, E. J. P. *et al.* Recomendação de fertilização com torta de filtro para a cultura do milho em Latossolo Arenoso no Noroeste Paranaense. In: FERTBIO. 2010, Guarapari. **Anais...** Guarapari: SBCS. 1 CD-ROM.
- ZAVASCHI, E. **Volatilização de amônia e produtividade do milho em função da aplicação de uréia revestida com polímeros**. 2010. 92 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2010.
- ZHANG, F. *et al.* Effects of slow/controlled-release fertilizer cemented and coated by nano-materials on biology. **Nanoscience**, v. 11, n. 01, p. 18-26, 2006.